# Bestemmelse af lydens fart i atmosfærisk luft

## Formål
At undersøge, om lyden udbreder sig med konstant fart i atmosfærisk luft, og at bestemme en evt. udbredelsesfart.

## Apparatur
2 mikrofoner, tæller, klaptræ, målebånd

## Udførelse
De to mikrofoner opstilles med en afstand på 0,5m, og tilsluttes tællerens Start- og Stop-indgange. Med et klaptræ som lydgiver gives en skarp lydimpuls fra en afstand på mindst 1 meter fra den nærmeste mikrofon, og fra et punkt i lige forlængelse af de to mikrofoners "lytteretning". Tællerens stopur starter, når lydimpulsen fra klaptræet rammer den forreste mikrofon, og uret stopper når lydimpulsen fra klaptræet når den bagerste mikrofon. Lydimpulsen skal være klar og skarp for at give en brugbar tidsmåling. Gentag målingen flere gange, og gentag forsøget med større afstand mellem mikrofonerne, fx 1m, 1,5m, 2m og 2,5m.

| s / m | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 |
|---|---|---|---|---|---|
| $t_{målt}$ / msec | | | | | |
| | | | | | |
| <t> / msec | | | | | |

Bestem også temperaturen i lokalet, t = ________ °C

## Databehandling
Bestem for hver afstand tiden som middelværdien <t> af de målte tider, og tegn en graf for s som funktion af t, og undersøg, om der kan tegnes en ret linje gennem punkterne og (0,0).

Spørgsmål (der selvfølgelig skal besvares i rapporten!): Hvad får du at vide om sammenhængen mellem s og t, hvis grafen er en ret linje gennem (0,0)? Og hvad har du så eftervist om lydens fart?

Bestem lydens fart ud fra grafen.

Tabelværdien for lydens fart i atmosfærisk luft kan beregnes af følgende formel (læs mere om denne formel på næste side):

$$v_{luft} = 331{,}46\frac{m}{s} + 0{,}607\frac{m}{s^o\,C}\cdot t\,, \quad \text{hvor } t \text{ er temperaturen i } {}^o\mathrm{C}$$

Beregn tabelværdien for lydens fart, og sammenlign med den værdi, du fandt ud fra grafen.

## Konklusion
I konklusionen skal du gøre rede for, hvad forsøget har vist om

1) Lydens udbredelse i atmosfærisk luft
2) Lydens fart i atmosfærisk luft

## Fejlkilder
Gør rede for, hvilke fejlkilder der kan være i forsøget. Prøv også at vurdere, hvilke fejlkilder der har stor betydning og hvilke der har mindre betydning.

**Matematisk sidespring** om formlen $v_{luft} = 331{,}46\frac{m}{s} + 0{,}60\frac{m}{s^o C}\cdot t$, hvor $t$ er temperaturen i $^oC$

I Orbit 2, side 129, angives følgende formel for lydens fart i atmosfærisk luft: $v_{luft} = 331\sqrt{\frac{T}{273K}}m/s$

I det følgende skal vi se, at der – bortset fra nedrundingen fra 331,46m/s til 341m/s i Orbit 2 – er god overensstemmelse mellem de to formler.

Vi husker tangentligningen: $p(x) = f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x- x_0)$, hvor $(x_0), f(x_0))$ er et punkt på grafen for f, og $f'(x_0)$ er tangenthældningen i punktet $x_0$. Indholdet af tangentligningen kan også udtrykkes således: $f(x) \approx f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x- x_0)$, altså at funktionsværdien f(x) med god tilnærmelse kan beregnes af udtrykket $f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x- x_0)$, når blot x ligger tilstrækkelig tæt ved $x_0$. Man kalder i øvrigt denne tilnærmelsesformel for en rækkeudvikling af f(x) til 1. orden.

Vi bruger denne formel på $f(x) = \sqrt{x}$, og finder tilnærmelsen

$$\sqrt{x} \approx \sqrt{x_0} + \tfrac{1}{2\sqrt{x_0}}\cdot(x - x_0)$$

Vi vælger nu et x tæt ved $x_0$. Det skriver vi således: $x = x_0 + h$, hvor h er en lille størrelse. Dette udtryk for x indsættes i tilnærmelsesformlen, så får vi

$$\sqrt{x_0 + h} \approx \sqrt{x_0} + \tfrac{1}{2\sqrt{x_0}}\cdot(x_0 + h - x_0) = \sqrt{x_0} + \tfrac{1}{2\sqrt{x_0}}\cdot h$$

Dette udtryk gælder for alle værdier af $x_0$, og for små værdier af h.

Vi vælger nu $x_0 = 1$, så fås $\sqrt{1+h} \approx \sqrt{1} + \tfrac{1}{2\sqrt{1}}\cdot h$

eller $\sqrt{1+h} \approx 1 + \tfrac{1}{2}\cdot h$

Du kan nemt overbevise dig om, at tilnærmelsesformlen herover er god, når blot h er lille. Udfyld et skema som dette, og se hvor stor h skal være, for at afvigelsen bliver større end 1% :

| $h$ | 0 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sqrt{1+h}$ | 1,0 | 1,0247 | 1,049 | | | | | |
| $1+\frac{1}{2}\cdot h$ | 1,0 | 1,0250 | 1,050 | | | | | |
| Afvigelse | 0,0 | 0,0003 | 0,001 | | | | | |
| Afvigelse i % | 0,0 | 0,03 | 0,095 | | | | 0,9 | 1,1 |

Nu vender vi tilbage til udtrykket for lydens fart, $v_{luft} = 331{,}46\sqrt{\frac{T}{273K}}m/s$. Der gælder

$$v = 331{,}46\sqrt{\frac{T}{273}} = 331{,}46\sqrt{\frac{273+t}{273}} = 331{,}46\sqrt{1+\frac{t}{273}}$$

Hvis blot t/273 er lille, kan vi anvende tilnærmelsesformlen ovenfor. Med t=30ºC er $t/273 \approx 0{,}11$, så formlen kan i alt fald anvendes op til t=30ºC, og også en del højere. Vi omskriver

$$v \approx 331{,}46\cdot(1+\frac{1}{2}\cdot\frac{t}{273}) = 331{,}46 + 331{,}46\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{t}{273} = 331{,}46 + 0{,}607\cdot t$$

Hermed har vi udledt formlen for lydens fart i atmosfærisk luft ud fra formlen side 129 i Orbit 2. Der gælder altså

$$v_{luft} = 331{,}46\frac{m}{s} + 0{,}607\frac{m}{s^o C}\cdot t, \quad \text{hvor } t \text{ er temperaturen i } ^oC$$